

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **08222763 A**

(43) Date of publication of application: **30.08.96**

(51) Int. Cl.

H01L 33/00

H01L 21/20

(21) Application number: **07028420**

(71) Applicant: **SHARP CORP**

(22) Date of filing: **16.02.95**

(72) Inventor: **HOSOBANE HIROYUKI**

(54) **SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING ELEMENT**

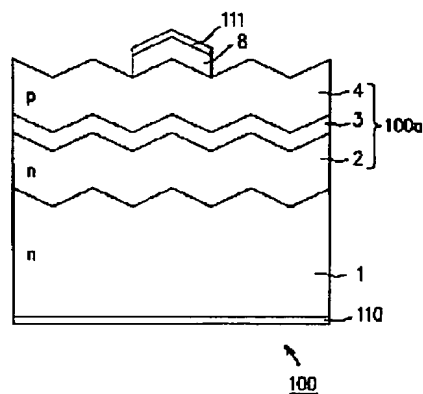
(57) Abstract:

PURPOSE: To improve light lead-out efficiency by restraining the LED light generated inside an element from being reflected by the element surface.

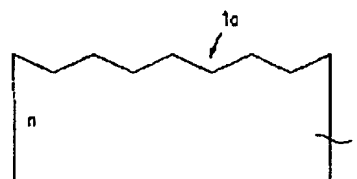
CONSTITUTION: The surface of an n-type GaAs substrate 1 is made uneven. By crystal-growing in order an n-type lower clad layer 2, an active layer 3, and a p-type upper clad layer 4 on the substrate surface, a light emitting part 100a is arranged on the substrate 1. The surface form of each of the semiconductor layers 2-4 constituting the light emitting part 100a is made uneven, correspondingly to the uneven surface of the substrate.

COPYRIGHT: (C)1996,JPO

(a)



(b)



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-222763

(43) 公開日 平成8年(1996)8月30日

(51) Int. Cl. ⁶

H01L 33/00

21/20

識別記号

F I

H01L 33/00

21/20

A

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平7-28420

(22) 出願日 平成7年(1995)2月16日

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 細羽 弘之

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(74) 代理人 弁理士 山本 秀策

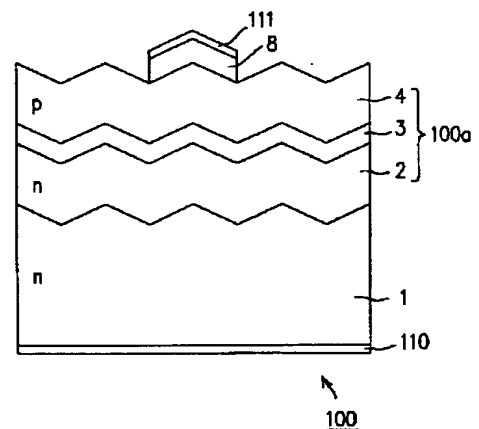
(54) 【発明の名称】 半導体発光素子

(57) 【要約】

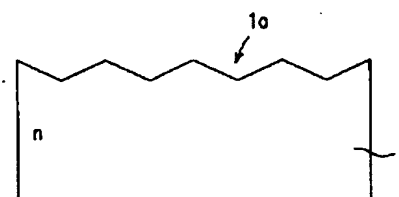
【目的】 素子内部で発生したLED光が素子表面で反射されるのを抑制して、光取出し効率を向上する。

【構成】 n型GaAs基板1の表面を凸凹形状とする
とともに、該基板1上に配置される発光部100aを、
該基板表面上にn型下クラッド層2、活性層3及びp型
上クラッド層4を順次結晶成長してなる構造とし、該発
光部100aを構成する各半導体層2～4の表面形状
が、該基板表面の凸凹形状に対応した凸凹形状となるよ
うにした。

(a)



(b)



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 その表面が凸凹形状となっている第 1 導電型の化合物半導体基板と、

該化合物半導体基板の表面上に、少なくとも第 1 導電型の下クラッド層、活性層及び第 2 導電型の上クラッド層を順次結晶成長してなり、該活性層にて発生した光が出射する発光部と、

該化合物半導体基板の裏面側に形成された第 1 導電型電極と、

該発光部の上側に形成された第 2 導電型電極とを備え、 10

該発光部を構成する各半導体層は、該化合物半導体基板表面の凸凹形状に対応した凸凹の表面形状を有する半導体発光素子。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の半導体発光素子において、

前記化合物半導体基板は、その表面形状が凸凹となるよう、その表面に溝を複数ストライプ状に形成したものであり、

該溝の斜面の面方位は、半導体結晶の (100) 面を基準とする A 面である半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は半導体発光素子に関する、特にその高輝度化を図るための素子構造に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 近年、LED (発光ダイオード) が屋内外の表示デバイスとして脚光を浴びている。特にその高輝度化に伴い、今後数年の間に屋外ディスプレイ市場が急伸すると思われ、LED は将来的にネオンサインに変わる表示媒体に成長するものと期待されている。高輝度 LED は、AlGaAs 系の DH (ダブルヘテロ) 構造をもつ赤色 LED において実現されてきており、最近では AlGaInP 系 DH 構造 LED により橙～緑色においても高輝度 LED が実現されている。

【0003】 AlGaInP 系材料は、窒化物を除く III-V 族化合物半導体材料の中で最大の直接遷移型バンドギャップを有し、0.5～0.6 μm 帯の発光素子材料として注目されている。

【0004】 特に、GaAs を基板材料として用い、これに格子整合する AlGaInP からなる発光部を持つ pn 接合型発光ダイオード (LED) は、発光部の構成材料として GaP や GaAsP 等の間接遷移型の材料を用いた LED に比べ、赤色から緑色の高輝度の発光が可能である。高輝度の LED を実現するためには、つまり LED から出射する光量を高めるには、素子の発光部での発光効率を高めることはもとより、発光部で発生した光を素子外部にいかにより効率的に取り出せるようにするかが重要である。

【0005】 図 3 は、AlGaInP 発光部を有する従

来の LED (特開平 4-229665 号公報参照) の断面構造を示す図であり、図 3 (a) には該断面構造における電流分布が点線で示されており、図 3 (b) には、素子内部での発光の仕方が、発光部から出射される光の経路 (実線) により示されている。

【0006】 図において、10 は pn 接合型発光ダイオード (LED) で、その p-GaAs 基板 11 上には、AlGaInP 活性層 13 を p-AlGaInP 下クラッド層 12 及び n-AlGaInP 上クラッド層 14 により挟持してなる積層構造 10a が設けられており、この積層構造 10a は、ダブルヘテロ接合部を有し、該活性層 13 で発生した光が出射する発光部となっている。また、該上クラッド層 14 上の中央部には n-GaAs コンタクト層 15 が形成され、該コンタクト層 15 上には、AuGe からなる n 型電極 15a が設けられており、また p-GaAs 基板 11 の裏面全面には、AuZn からなる p 型電極 11a が形成されている。

【0007】 このような構造の LED 10 では、上記 p 型電極 11a 及び n 型電極 15a に駆動電圧を印加すると、電流が上記活性層 13 の、n 型電極 15a 直下部分及びその近傍部分に注入され、この部分にて LED 光が発生する。 20

【0008】

【発明が解決しようとする課題】 ところが、このような構造の LED 10 では、以下のような 2 つの問題がある。

【0009】 まず、図 3 (b) に表されるように、活性層 13 の n 型電極直下部分から、素子表面の n 型電極配置部の外側に向かう LED 光 L は臨界面角以上で素子上面へ入射して、該素子上面にて素子の内側に反射されることとなり、このため素子上面からの光取り出し効率は非常に低いものとなっているという問題がある。

【0010】 また、LED 光が橙色から緑色の範囲である高輝度 LED では、その構成材料として AlGaInP 混晶半導体系材料を用いており、面方位が (100) 面である基板表面上でその成長を行うと、成長層中に自然超格子が形成されるという問題がある。

【0011】 つまり、この自然超格子は、III 族原子である In、Ga、Al が (111) 方向に長距離秩序構造を形成するものであるが、GaInP を例にとると、このような自然超格子が形成された Ga_{0.9}In_{0.1}P のバンドギャップは、理想的な混晶状態で自然超格子が形成されていない Ga_{0.9}In_{0.1}P のバンドギャップよりも約 90 meV 小さくなる。従って、自然超格子が形成された場合、所望の発光波長よりも長波長化するため、波長が本来の設定値になるよう Al 組成を増加する必要があり、この Al 組成の増加により発光効率の減少および信頼性の低下などが生じるという問題点が発生していた。

【0012】 本発明は上記のような問題点を解決するた

めになされたもので、素子内部で発生したLED光が素子表面で反射されるのを抑制して、光取出し効率を向上することができる半導体発光素子を得ることを目的とする。

【0013】また、本発明は、上記光取出し効率の向上に加えて、素子の構成材料としてAlGaInP混晶半導体系材料を用いた場合でも、自然超格子の発生を回避して、発光効率の減少および信頼性の低下を招くことなく所望の発光波長の発光光を得ることができる半導体発光素子を得ることを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】この発明に係る半導体発光素子は、その表面が凸凹形状となっている第1導電型の化合物半導体基板と、該化合物半導体基板の表面上に、少なくとも第1導電型の下クラッド層、活性層及び第2導電型の上クラッド層を順次結晶成長してなり、該活性層にて発生した光が射出する発光部と、該化合物半導体基板の裏面側に形成された第1導電型電極と、該発光部の上側に形成された第2導電型電極とを備えている。該発光部を構成する各半導体層は、該化合物半導体基板表面の凸凹形状に対応した凸凹の表面形状を有している。そのことにより上記目的が達成される。

【0015】この発明は上記半導体発光素子において、前記化合物半導体基板を、その表面形状が凸凹となるよう、その表面に溝を複数ストライプ状に形成した構造とし、該基板表面に形成した溝の斜面の面方位を、半導体結晶の(100)面を基準とするA面としたものである。

【0016】

【作用】この発明においては、化合物半導体基板の表面を凸凹形状とするとともに、該基板上に配置される発光部を、該基板表面上に少なくとも第1導電型の下クラッド層、活性層及び第2導電型の上クラッド層を順次結晶成長してなる構造とし、該発光部を構成する各半導体層の表面形状が、該基板表面の凸凹形状に対応した凸凹形状となるようにしたから、上記LED光が射出する素子表面も凸凹形状となり、素子表面に臨界角以上で入射するLED光の割合が減少するとともに、臨界角以上で入射し反射しても、再度表面へ臨界角以下で入射し外部へ取り出されることとなる。これにより素子表面からのLED光の取出し効率を向上させることができる。

【0017】また、LED光の発光領域である活性層も基板表面の凸凹形状に対応した凸凹の構造となり、平板状の活性層に比べて、発光面積が増加することとなり、LED光の発光効率が増大する。

【0018】このような発光効率の増大及び上記光導出効率の向上により、半導体発光素子の高輝度化を図ることができる。

【0019】この発明においては、前記化合物半導体基板を、その表面形状が凸凹となるよう、その表面に溝を

複数ストライプ状に形成した構造とし、該基板表面に形成した溝の斜面の面方位を、半導体結晶の(100)面を基準とするA面としているため、基板表面上では、MOCVD法でAlGaInP混晶半導体系材料を成長しても自然超格子が形成されず、この自然超格子に起因するLED光の長波長化を回避することができる。このため、Al組成の増加によりLED光の波長を調整する必要がなくなり、高輝度で、信頼性の高い半導体発光素子を実現できる。

10 【0020】

【実施例】

(実施例1)図1は本発明の第1の実施例による半導体発光素子の一例として発光ダイオードを説明するための図であり、図1(a)は該発光ダイオードの構造を示す断面図、図1(b)は、該発光ダイオードを構成する基板の構造を示す断面図である。

【0021】図において、100は本実施例の発光ダイオードで、該発光ダイオード100を構成するn型GaAs基板1上には、その表面上にn型下クラッド層2、活性層3及びp型上クラッド層4を順次結晶成長してなる発光部100aが配設されており、該発光部100aはダブルヘテロ接合部を有し、該活性層3で発生した光が射出するようになっている。

【0022】また、この発光部100aのp型上クラッド層4上には、p型GaAsコンタクト層8を介して、AuZnからなるp型電極111が配置されている。また上記n型GaAs基板1の裏面側には全面に、AuGeからなるn型電極110が形成されている。

【0023】そして本実施例では、上記n型GaAs基板1の表面には、深さ5μm、幅20μmのV型溝1aがストライプ状に複数形成されており、該基板1の表面は、凸凹形状となっている。またここでは、該溝1aの斜面の傾斜角は30度となっている。

【0024】また、上記下クラッド層2、活性層3及び上クラッド層4はそれぞれ、 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{1-y}\text{In}_y\text{P}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$) からなる。この下クラッド層2及び上クラッド層4では、例えばその組成比x, yがx=0.70, y=0.50、その層厚が1.0μmとなっており、下クラッド層2のSiキャリア濃度及び上クラッド層4のZnキャリア濃度はともに $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ となっている。また、該活性層3では、例えば組成比x, yはx=0.30, y=0.50、その層厚は0.50μmとなっている。

【0025】さらに上記p型GaAsコンタクト層8は、上記発光部100aの中央の、直径200μmの円形領域上に配置されており、そのZnキャリア濃度は $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、層厚は1μmとなっている。

【0026】次に製造方法について説明する。

【0027】まず、n型GaAs基板1の表面に、エッチング処理により、斜面の角度が例えば30度である深

さ $5\mu\text{m}$ 、幅 $20\mu\text{m}$ の溝を複数ストライプ状に形成する(図1(b)参照)。

【0028】次に、該エッチング処理を施した基板1上にMOCVD法を用いて上記各半導体層2~4、8を形成する。

【0029】すなわち、上記エッチング処理の後、基板1上にn型($\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}$) $_{1-y}\text{In}_y\text{P}$ をn型下クラッド層2として、Siキャリア濃度が $1\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ となるよう厚さ $1.0\mu\text{m}$ 程度に成長する。続いて、

($\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}$) $_{1-y}\text{In}_y\text{P}$ を活性層3として $0.50\mu\text{m}$ 程度の厚さに形成し、さらにその上にp型($\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}$) $_{1-y}\text{In}_y\text{P}$ をp型上クラッド層4として、Znキャリア濃度が $1\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ となるよう層厚 $1\mu\text{m}$ 程度に成長する。

【0030】この時、上記基板1の表面形状は概ねその上に成長される半導体層に受け継がれることとなる。このため活性層3は波板状の構造となり、また、該p型上クラッド層4の表面には、斜面の面方位がほぼ 30° の溝が複数形成され、その表面は凸凹形状となる。

【0031】引き続き、該上クラッド層4上にp型GaAs層を、厚さ $1\mu\text{m}$ 程度にSiキャリア濃度が $3\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ となるよう成長する。その後該p型GaAs層上にAuZn層を形成するとともに、n型基板1の裏面側にn型電極としてのAuGe層110を形成する。その後、上記n型GaAs層及びAuZn層を、その発光部100a中央上に位置する直径 $200\mu\text{m}$ の円形領域が残るよう選択的にエッチングして、n型GaAsコンタクト層8及びp型電極111を形成する。これにより発光ダイオード100が完成する(図1(a)参照)。

【0032】本実施例による半導体発光素子に順方向に電圧(2V)を印加し電流(20mA)を流したところ、ピーク波長 595nm の光度が 3cd を越えるLED光が得られた。

【0033】また、($\text{Al}_{1-x}\text{Ga}_{1-y}\text{In}_y$) $_{1-y}\text{In}_y\text{P}$ 活性層の組成x, yを $x=0.50$ 、 $y=0.50$ としたところ、ピーク波長 565nm の光度が 1cd を越える緑色発光が得られた。

【0034】このように本実施例では、n型GaAs基板1の表面を凸凹形状とするとともに、該基板1上に配置される発光部100aを、該基板表面上にn型下クラッド層2、活性層3及びp型上クラッド層4を順次結晶成長してなる構造とし、該発光部100aを構成する各半導体層2~4の表面形状が、該基板表面の凸凹形状に対応した凸凹形状となるようにしたので、上記LED光が射出する素子表面も凸凹形状となり、素子表面に臨界角以上で入射するLED光の割合が減少するとともに、臨界角以上で入射し反射しても、再度表面へ臨界角以下で入射し外部へ取り出されることとなる。これにより素子表面からのLED光の取出し効率を向上させることが

できる。

【0035】また、LED光の発光領域である活性層3も基板表1面の凸凹形状に対応した波板状の構造となり、平板状の活性層に比べて、発光面積が増加することによって、LED光の発光効率が増大する。

【0036】このような発光効率の増大及び光導出効率の向上により、発光ダイオード100の高輝度化を図ることができる。

【0037】(実施例2)図2は本発明の第2の実施例による発光ダイオード(半導体発光素子)を説明するための断面図であり、図において、200は本実施例の発光ダイオードで、この発光ダイオード200を構成するn型GaAs基板21は、その表面に、斜面の面方位が例えば(111)A面である深さ $4.3\mu\text{m}$ 、幅 $6\mu\text{m}$ のV型溝21aを複数ストライプ状に形成した構造となっている。

【0038】この発光ダイオード200のその他の構造は上記第1の実施例の発光ダイオード100と同一である。つまり、上記のような構造の基板21上には、その表面上にn型下クラッド層22、活性層23及びp型上クラッド層24を順次成長してなる、ダブルヘテロ接合部を有する発光部200aが配設されており、該発光部200aは、該活性層23で発生した光が射出するようになっている。また、この発光部200aのp型上クラッド層24上には、Znキャリア濃度 $3\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ のp型GaAsコンタクト層28を介して、AuZnからなるp型電極211が配置されている。また上記n型GaAs基板21の裏面側には全面に、AuGeからなるn型電極210が形成されている。

【0039】ここで、上記p型GaAsコンタクト層28及びp型電極211の平面パターンは、上記実施例と同様直径 $200\mu\text{m}$ の円形形状となっている。また上記n型下クラッド層22、活性層23、p型クラッド24は、それぞれ上記第1の実施例と同様、($\text{Al}_{1-x}\text{Ga}_{1-y}\text{In}_y$) $_{1-y}\text{In}_y\text{P}$ から構成されており、該n型下クラッド層22及びp型上クラッド層24の組成、キャリア濃度、及び層厚、並びに該活性層23の組成も上記第1の実施例におけるものと同一である。

【0040】本実施例による半導体発光素子に順方向に電圧(2V)を印加し電流(20mA)を流したところ、ピーク波長 585nm の光度が 3cd を越えるLED光が得られた。

【0041】また、($\text{Al}_{1-x}\text{Ga}_{1-y}\text{In}_y$) $_{1-y}\text{In}_y\text{P}$ 活性層の組成x, yを $x=0.50$ 、 $y=0.50$ としたところ、ピーク波長 555nm の光度が 1cd を越える緑色発光が得られた。

【0042】このような構成の本実施例では、n型GaAs基板21を、その表面形状が凸凹となるよう、その表面に溝21aを複数ストライプ状に形成した構造とし、該基板表面に形成した溝21aの斜面の面方位を、

GaAs 結晶の (100) 面を基準とする (111) A 面としているため、上記第 1 の実施例の効果に加えて、この基板表面上では、MOCVD 法で AlGaInP 混晶半導体系材料を成長しても自然超格子が形成されない。つまり GaAs 基板 21 上に MOCVD 法で成長された活性層としての $(Al_{0.5}Ga_{0.5})_{0.5}In_{0.5}P$ 結晶は、その中に自然超格子を含まないものとなる。このため、自然超格子に起因する LED 光の長波長化を回避することができる。この結果 Al 組成の増加により LED 光の波長を調整する必要がなくなり、高輝度で、信頼性の高い半導体発光素子を実現できる。

【0043】なお、本発明は上述した第 1 及び第 2 の実施例に限定されるものではない。特に第 1 の実施例では、活性層を AlGaInP 系半導体材料により構成しているが、活性層の構成材料は、AlGaAs や AlGaInN 系あるいは MgZnSSe 系半導体材料でもよく、活性層の構成材料を変更することにより、赤色から青色域にわたる可視光領域の LED 光を得ることができる。また、このことはクラッド層についても同様である。

【0044】また、上記各実施例では、 $(Al_xGa_{1-x})_{1-y}In_yP$ の Al 組成 x を調整することにより、赤色から青色域にわたる可視光領域の LED 光を得ることができる。

【0045】このように活性層の構成材料及び構成材料の組成比を変化させても本発明の効果があることは言うまでもない。

【0046】このような構成材料や組成比の変更は、活性層以外のクラッド層やコンタクト層についても可能である。

【0047】

【発明の効果】以上のように本発明に係る半導体発光素子によれば、化合物半導体基板の表面を凸凹形状とするとともに、該基板上に配置される発光部を、該基板表面上に少なくとも第 1 導電型の下クラッド層、活性層及び第 2 導電型の上クラッド層を順次結晶成長してなる構造とし、該発光部を構成する各半導体層の表面形状が、該基板表面の凸凹形状に対応した凸凹形状となるようにしたので、LED 光が出射する素子表面が凸凹形状となり、素子表面に臨界角以上で入射する LED 光の割合が減少するとともに、臨界角以上で入射し反射しても、再度表面へ臨界角以下で入射し外部へ取り出されることがとなり、これにより素子表面からの LED 光の取出し効率

を向上することができる。

【0048】また、LED 光の発光領域である活性層も基板表面の凸凹形状に対応した凸凹の構造となり、平板状の活性層に比べて、発光面積が増加することとなり、LED 光の発光効率が増大する。

【0049】このような発光効率の増大及び上記光導出効率の向上により、半導体発光素子の高輝度化を図ることができる効果がある。

【0050】またこの発明によれば、上記半導体発光素子において、前記化合物半導体基板を、その表面形状が凸凹となるよう、その表面に溝を複数ストライプ状に形成した構造とし、該基板表面に形成した溝の斜面の面方位を、半導体結晶の (100) 面を基準とする A 面としているため、基板表面上では、MOCVD 法で AlGaInP 混晶半導体系材料を成長しても自然超格子が形成されず、この自然超格子に起因する LED 光の長波長化を回避することができる。この結果、Al 組成の増加により LED 光の波長を調整する必要がなくなり、高輝度で、信頼性の高い半導体発光素子を実現できるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施例による発光ダイオードを説明するための図であり、図 1 (a) は該発光ダイオードの構造を示す断面図、図 1 (b) は該発光ダイオードを構成する基板の構造を示す断面図である。

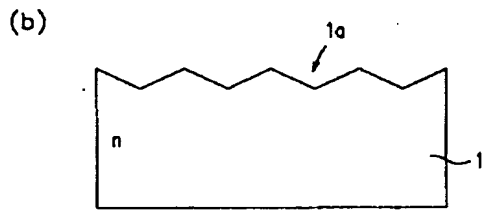
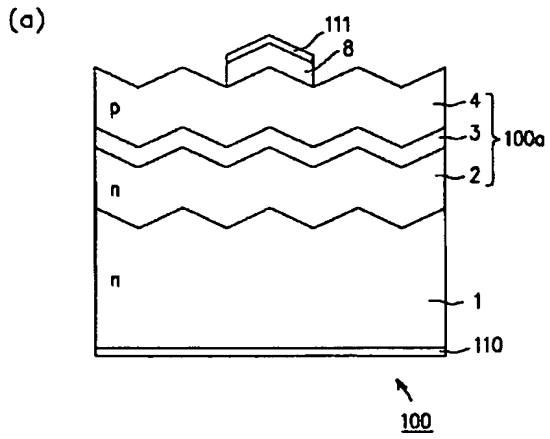
【図 2】本発明の第 2 の実施例による発光ダイオードの構造を示す断面図である。

【図 3】従来の発光ダイオード (LED) を説明するための断面図であり、図 3 (a) では該 LED における電流の流れを、図 3 (b) は該 LED における発光の仕方を示している。

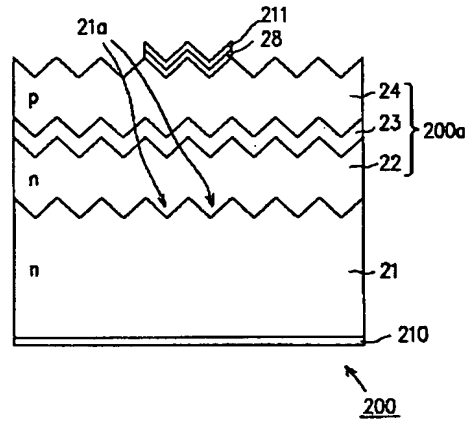
【符号の説明】

- 1, 21 n 型 GaAs 基板
- 1a, 21a 溝
- 2, 22 n 型 AlGaInP 下クラッド層
- 3, 23 AlGaInP 活性層
- 4, 24 p 型 AlGaInP 上クラッド層
- 8, 28 p 型 GaAs コンタクト層
- 100, 200 発光ダイオード (半導体発光素子)
- 100a, 200a 発光部
- 110, 210 n 型電極
- 111, 211 p 型電極

【図 1】



【図 2】



【図 3】

